

Explotación de las macroalgas marinas: Galicia como caso de estudio hacia una gestión sostenible de los recursos

Manuel García Tasende¹ y César Peteiro²

1. Xunta de Galicia, Consellería do Medio Rural e do Mar

2. Instituto Español de Oceanografía (IEO), Centro Oceanográfico de Santander

Las macroalgas marinas son un grupo de algas marinas pluricelulares y macroscópicas que se caracterizan por presentar un cuerpo vegetativo indiferenciado, por lo que se incluyen en el grupo de los denominados Talófitos. Viven fijos al sustrato, al menos durante alguna fase de su ciclo de vida y habitan la zona fótica de los sistemas costeros. Son organismos autótrofos que contienen diferentes tipos de pigmentos con los que realizan la fotosíntesis, lo que les permite adaptarse a vivir a distintas profundidades. En función del color que les confieren sus pigmentos se clasifican en tres grandes grupos: algas pardas (Phaeophyceae), algas rojas (Rhodophyceae), y algas verdes (Chlorophyceae). Las diferentes especies de macroalgas presentan grandes diferencias en su morfología, ciclo biológico, reproducción, hábitat y ecología entre otros aspectos de su biología. Esta diversidad debe ser tomada en cuenta a la hora de establecer los modelos de gestión de la explotación de cada especie o grupo de especies con características biológicas similares.

Las macroalgas marinas son los principales productores primarios del litoral Atlántico y tienen una gran influencia en la formación y el

funcionamiento de los ecosistemas costeros. Además desempeñan una serie de servicios esenciales para los ecosistemas costeros como pueden ser el reciclaje de nutrientes, la conversión del dióxido de carbono en oxígeno y constituyen un hábitat para una gran diversidad de organismos, a algunos de los cuales también proporcionan alimento (Christie *et al.*, 2009).

Por otra parte son numerosas las aplicaciones de estos vegetales, por lo que han sido utilizados por el hombre desde tiempos inmemorables con fines muy diversos: alimentación humana, usos agropecuarios, médicos y farmacológicos, cosmética, industria de ficocoloides etc. En occidente prácticamente la totalidad de la biomasa empleada con estos fines procede de poblaciones naturales.

La importancia de estos organismos en la formación y funcionamiento de los ecosistemas marinos costeros hace necesario protegerlos, gestionando su explotación de manera sostenible y promoviendo su cultivo. El objetivo de este artículo es analizar la explotación de algunas especies de macroalgas marinas con fines comerciales que se realiza actualmente en las



costas gallegas. Como actualmente en España la competencia de la ordenación y gestión de la explotación corresponde a las Comunidades Autónomas, y no es posible abordar en este trabajo el estudio de cada una de ellas, utilizáremos Galicia como caso de estudio de un modelo de ordenación y gestión de la explotación de las macroalgas marinas, por ser la comunidad autónoma donde esta actividad es más intensa. Se proponen algunas medidas para mejorar la gestión de la explotación de estos recursos, entre las que destaca el fomento del cultivo de las macroalgas (ficocultura).

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA EXPLOTACIÓN DE LAS MACROALGAS EN GALICIA

Las costas de Galicia se caracterizan por poseer una gran diversidad y abundancia de especies de macroalgas marinas. Han sido catalogadas más de 500 especies, que suponen el 85% de las macroalgas conocidas en toda la región templada cálida del Atlántico Noreste (Bárbara *et al.*, 2005). Esta riqueza de recursos macroalgales y sus numerosas propiedades, motivaron que desde muy antiguo hayan sido empleadas con distintos fines. En Galicia, al igual que en otras zonas, el aprovechamiento de las algas ha evolucionado a medida que se descubrían nuevas aplicaciones y se desarrollaba la tecnología

necesaria para su explotación (García Tasende y Rodríguez González, 2003; Dosil Mancilla, 2007; García Tasende, 2010). Se pueden describir 4 etapas en la evolución del aprovechamiento de las algas en Galicia:

1. Tradicionalmente las algas de arribazón, o argazos, que aparecían arrojadas sobre las playas, eran empleadas por los ribereños con fines agropecuarios e, incluso, en épocas de grandes penurias y hambre, las algas fueron empleadas para consumo humano como complemento alimenticio. Su recolección era regulada por bandos municipales o por el ministerio competente, pero en un ámbito local. Este uso fue abandonando a medida que se desarrollaron fertilizantes químicos y piensos para la alimentación animal. En la actualidad, la recogida de arribazones está en la mayoría de los casos relacionada con la limpieza de las playas, que se rige por la normativa de tratamiento de residuos orgánicos.
2. A finales del siglo XIX se desarrolló el aprovechamiento industrial de las macroalgas para la obtención de compuestos como el yodo y la potasa para la industria farmacéutica y militar. Estas nuevas aplicaciones trajeron consigo el inicio de una actividad extractiva más o menos organizada, por lo que la competencia paso a ser estatal, siendo

Las macroalgas proporcionan alimento y refugio a fauna de los ecosistemas costeros.
a) Banco de peces de la especie *Sarpa salpa* alimentándose en un bosque de macroalgas del género *Cystoseira*.
b) Pez del género *Parablennius* sobre la macroalga *Codium tomentosum*.
Fotos: César Peteiro.

Son numerosas las aplicaciones de las macroalgas, por lo que han sido utilizadas por el hombre desde tiempos inmemorables con fines muy diversos: alimentación humana, usos agropecuarios, médicos y farmacológicos, cosmética, industria de ficocoloides etc. En occidente, prácticamente la totalidad de la biomasa empleada con estos fines procede de poblaciones naturales

primero el Ministerio de la Marina y después el Ministerio de Comercio los competentes para otorgar a las empresas procesadoras la concesión administrativa para la recogida, procesado y comercialización de macroalgas. Estas concesiones establecían los grupos de especies autorizadas, las zonas, períodos y horarios de actividad, y el destino final de las macroalgas recolectadas. No obstante este aprovechamiento fue perdiendo interés con la aparición de nuevas materias primas y procesos que resultaban más rentables.

3. A mediados del siglo XX, la extracción de ficocoloides se convirtió en la aplicación industrial más extendida y con mayor importancia comercial. Los ficocoloides son polisacáridos complejos de las paredes celulares de las macroalgas que tienen propiedades gelificantes, espesantes y estabilizantes. Su utilización es fundamental para la industria alimentaria, farmacéutica, textil y papelería, entre otras, al no existir un equivalente sintético (McHugh, 2003; Bixler y Porse, 2011). Se producían principalmente tres tipos de ficocoloides: alginatos (obtenidos a partir de algas pardas como *Laminaria* en sentido amplio y *Fucus* spp.), agar-agar (extraído fundamentalmente de *Gelidium* spp. y *Gracilaria* spp.) y carrageninas (*Chondrus*

crispus, *Gigartina* spp., *Mastocarpus stellatus*). Hasta la Segunda Guerra Mundial, estos compuestos eran importados del Suroeste Asiático (principalmente agar procedente de Japón). Pero en ese período, las importaciones de oriente cesaron lo que provocó que en occidente se iniciase el desarrollo de la tecnología necesaria para la obtención de ficocoloides a partir de especies autóctonas. Esto motivó que se crearan nuevas empresas procesadoras durante la segunda mitad de siglo XX para la obtención de ficocoloides. En Galicia, en los años 60 se establecieron 4 empresas: una de producción de agar-agar en Ribadeo, dos de alginatos (en Ribadeo y A Coruña), y una de carrageninas en Porriño (Juanes y Sosa, 1998; García Tasende y Rodríguez González, 2003; Dosil Mancilla, 2007; García Tasende, 2010).

El auge de esta actividad motivó que en 1945, el Ministerio de Comercio publicase el primer reglamento de ámbito estatal para la recogida de algas con fines industriales. Este reglamento, modificado posteriormente en varias ocasiones (1954, 1967 y 1972), básicamente establecía que se autorizaba la recolección algas con fines industriales mediante concesión administrativa, siendo el Instituto Español de Oceanografía (IEO) el encargado de informar sobre la solvencia de las empresas solicitantes. El reglamento disponía que la recogida de algas se regiría por las condiciones generales que regulaban el ejercicio de la pesca en general y las normas específicas que se establecían en el mismo. Las especies se agrupaban en tres categorías (argazos, algas litorales y algas de fondo) para cada una de las cuales establecían una serie de medidas generales para su explotación. De entre estas medidas podemos destacar que para los argazos la recogida se declaraba libre en cualquier época del año, mientras que para las algas litorales y de fondo se autorizaba entre abril y octubre en horario de sol a sol. Cada concesionario tendría una zona autorizada en la que podría realizar su actividad. Los concesionarios podían explotar anualmente un tercio de la zona autorizada; este sistema



(a)



(b)

de rotación suponía que un área cosechada no podría ser explotada antes de transcurridos 2 años. La corta de las laminariaceas, con instrumentos y aparatos autorizados, se realizaría dejando arraigado en el fondo el tercio inferior de la parte ramificada (lámina) de cada planta y explotando los dos tercios superiores. Las algas rojas podrían ser recolectadas a mano. Este reglamento establecía, además, que se debería fomentar el cultivo de algas marinas.

Los reglamentos de 1954, 1967 y 1972, fueron ampliando las normas y medidas de

ordenación, de modo que el reglamento de 1972, establecía las condiciones en que se podría realizar la comercialización de las algas recolectadas y el régimen de sanciones.

El auge de la industria de ficocoloides incrementó la demanda de la materia prima entre los años 50 y 80. En Galicia en los años 70 se alcanzaron las 10 000 toneladas en peso fresco al año (del orden de 2000 toneladas de peso escurrido). A partir de los años 80, el escaso desarrollo tecnológico de la recogida de algas en Galicia y la ausencia de una gestión real de estos recursos, junto a los

a) Arribazón o argazo de grandes algas pardas conocidas como laminarias en una playa.
b) Estas macroalgas han sido tradicionalmente recolectadas por las poblaciones costeras de Galicia para emplearse como abono para las tierras de cultivo. Fotos: César Peteiro.

Población de *Porphyra dioica* (a) y *Ulva* sp. (b) sobre rocas de una playa durante la bajamar. Estas especies se incluyen respectivamente dentro de un grupo de algas rojas y verdes comercializadas para consumo humano con el nombre de *nori* y lechuga de mar. Foto: César Peteiro.



bajos precios, motivaron que nuestros productores no pudiesen competir con la materia prima procedente de otros países como Francia, Canadá o Noruega que apostaron decididamente por la modernización del sector extractivo (Juanes y Sosa, 1998; García Tasende y Rodríguez González, 2003; Dosil Mancilla, 2007; García Tasende, 2010). Además las grandes multinacionales que dominan la producción de ficocoloides, apostaron por realizar fuertes inversiones de I+D en países poco desarrollados, con mano de obra barata, en los que el cultivo de especies más eficientes (*Kappaphycus* spp. y especies similares) para la producción de ficocoloides aseguraban la rentabilidad de la explotación. Es por esto que las industrias dedicadas a la producción de agar-agar y alginatos debieron abandonar la actividad y se mantuvo solo una empresa dedicada a la producción de carrageninas (García Tasende y Rodríguez González, 2003).

4. A finales del siglo XX (años 90), la explotación de algas para consumo humano fue fomentada en Galicia, en unos casos por empresas de alimentación que buscaban diversificar su actividad con nuevos productos o bien por nuevas iniciativas empresariales dedicadas exclusivamente a la comercialización de macroalgas. El interés por estos vegetales marinos para su uso en alimentación humana es creciente desde entonces al existir actualmente un interés y aceptación por estas verduras del mar y ser consideradas sabrosas, nutritivas y sa-

ludables (Burtin, 2003; MacArtain *et al.*, 2007). Este aprovechamiento ha generado una nueva forma de explotación de las macroalgas marinas, ampliando el espectro de especies recolectadas y con una mayor especialización de los recolectores debido a las exigencias cualitativas requeridas por este sector (García Tasende y Rodríguez González, 2003; García Tasende, 2010). Las formas de comercialización son diversas: en fresco, deshidratadas, en conserva, incorporadas a otros productos, trituradas para ser usadas como condimentos, etc.

ESTADO ACTUAL DE LA EXPLOTACIÓN DE MACROALGAS EN GALICIA

La producción de algas declarada en 2013 en Galicia por las organizaciones de productores y las empresas procesadoras fue de 713 toneladas distribuidas entre 19 especies o grupos de especies. De la cantidad total recolectada, 461 t (64,7%) fueron empleadas para la producción de ficocoloides (carrageninas) y 251,7 t (35,3%) para consumo humano, fundamentalmente en alimentación (Tabla 1). Aunque existe también demanda de pequeñas cantidades de algas para otros usos (farmacéutico, dietético, cuidado personal, etc.), en este estudio nos centraremos en la recogida de las algas para la producción de carrageninas y para la elaboración de productos alimenticios, por ser estos los usos que requieren un mayor volumen de biomasa, y estar, además, perfectamente identificados y diferenciados sus canales de comercialización. Para

Tabla 1. Producción de macroalgas marinas en Galicia en el año 2013. Se muestran las cantidades recolectadas por especie y uso comercial, así como las entidades (cofradías o empresas) que las recolectan

Aplicaciones comerciales	Especies	Toneladas			%
		Cofradías	Empresas	Total	
Carrageninas	<i>Chondrus crispus</i>				
	<i>Mastocarpus stellatus</i>	–	461,5	461,5	64,7
	<i>Gigartina</i> spp				
Total carrageninas			461,5	461,5	64,7
Alimentación	<i>Laminaria</i> en un sentido amplio	87,4	25,5	112,9	44,9
	<i>Undaria pinnatifida</i>	68,0	25,8	93,7	37,3
	<i>Himanthalia elongata</i>	4,5	27,3	31,8	12,7
	<i>Ulva</i> spp.		5,7	5,7	2,3
	<i>Palmaria palmata</i>		2,5	2,5	1,0
	<i>Codium</i> spp.		2,2	2,2	0,9
	<i>Gigartina pistillata</i>		0,7	0,7	0,3
	<i>Porphyra</i> en un sentido amplio		0,6	0,6	0,3
	<i>Chondrus crispus</i>	0,001	0,5	0,5	0,2
	<i>Mastocarpus stellatus</i>		0,3	0,3	0,1
	<i>Dilsea carnososa</i>		0,2	0,2	0,1
	<i>Fucus</i> spp.		0,2	0,2	0,1
	<i>Osmundea pinnatifida</i>		0,1	0,1	0,02
	<i>Nemalion helminthoides</i>		0,01	0,01	0,004
	<i>Grateloupia turuturu</i>		0,004	0,004	0,002
Toal alimentación		160,0	91,7	251,6	35,3
Total		160,0	553,2	713,2	100
% total		22,7	77,6		

el resto de aplicaciones, las empresas procesadoras aprovechan alguno de estos canales para obtener las cantidades que necesitan. Esta distribución motiva que las especies de las que se recolectan las mayores cantidades anualmente son aquellas que se emplean para la producción de carrageninas (Tabla 1).

Producción de carrageninas

Las carrageninas son polisacáridos sulfatados que se pueden disolver en agua o leche, y actúan como gelificantes, espesantes, estabilizantes y homogeneizantes. En la actualidad se identifican diferentes moléculas de carrageninas que

difieren entre sí en su estructura y propiedades y, en consecuencia, en sus aplicaciones y su valor comercial (McHugh, 2003; Bixler y Porse, 2011; García Tasende *et al.*, 2012; 2013). El 80% de las carrageninas se destinan al sector de la alimentación donde se utilizan como aditivos (código internacional E407 para las carrageninas refinadas y E407a para las semirefinadas), y más concretamente para la de derivados lácteos (52% del total). El 20% restante se dedica a la elaboración de otros productos de uso doméstico (dentifricos, geles de baño, etc.), así como en cosmética y en la industria farmacéutica. También son empleados en la producción de alimentos para animales, aunque este uso ha

El auge de la industria de ficocoloides incrementó la demanda de la materia prima entre los años 50 y 80. En Galicia en los años 70 se alcanzaron las 10 000 toneladas en peso fresco al año. A partir de los años 80, el escaso desarrollo tecnológico de la recogida de algas en Galicia y la ausencia de una gestión real de estos recursos, junto a los bajos precios, motivaron que nuestros productores no pudiesen competir con la materia prima procedente de otros países

descendido en la última década. Es un mercado en expansión con crecimientos de entre el 2,5 y el 5% en las últimas décadas (McHugh, 2003; Bixler y Porse, 2011).

Desde 1960, Galicia es la principal productora de carrageninas dentro del estado español. La materia prima explotada se conoce con el nombre de *liquen*, que incluye una mezcla de carragenófitos (macroalgas productoras de carrageninas) correspondientes a las siguientes especies *Chondrus crispus*, *Mastocarpus stellatus* y *Gigartina* spp. Estas especies tienen ciclos biológicos complejos en los que cada una de sus fases produce una mezcla de las diferentes variedades de carrageninas. En 2013, se recogieron casi 462 toneladas de peso seco de liquen, aunque no se dispone de información de la distribución por especie pues los recolectores declaran la producción conjunta. Estas cantidades suponen entre el 15-20% del total de algas requeridas por la empresa procesadora. El resto de la producción de carrageninas se obtiene de algas importadas del sudeste asiático y de Chile (García Tasende y Rodríguez González, 2003; García Tasende, 2010).

Las especies carragenófitas están repartidas por toda la costa gallega, en localidades expuestas o semiexpuestas al oleaje, siendo los tramos de costa donde se concentran las mayores densidades: el comprendido entre A Guarda y Baiona (Pontevedra), la Costa da Morte (A Coruña) y la Mariña lucense (Lugo). La biomasa total de carragenófitos presentes en las costas gallegas fue estimada en los años 80 y 90 entre 2000 y 2500 toneladas de peso seco (Xunta de Galicia, 1993a; Xunta de Galicia, 1999; Cremades *et al.*, 2004).

Actualmente en Galicia tan solo se mantiene la recogida de carragenófitos en zonas en las que forman poblaciones permanentes en la franja intermareal a las que se pueden acceder a pie durante la bajamar y que pueden ser recolectadas a mano y transportadas en sacos hacia el interior. La mayoría de la biomasa recolectada se emplea para la obtención de carrageninas, aunque en ocasiones pueden ser empleadas por otros sectores, pero siempre en pequeñas cantidades. La recolección de carragenófitos se realiza entre los meses de abril y octubre. En este período las poblaciones de *C. crispus* y *M. stellatus* alcanzan los valores máximos de biomasa y contenido en carrageninas por fronde (García Tasende *et al.*, 2012; 2013). La recolección se realiza a mano arrancando las frondes de mayor tamaño o por realizando siegas con cuchillos o pequeñas hoces, lo que permite la persistencia de los discos de fijación y las frondes juveniles que constituirán el reservorio que garantiza la regeneración de las poblaciones (Proyecto CARASEA 2004-2006, Xunta de Galicia, 2007). El contenido en carrageninas de las especies recolectadas en Galicia varía entre el 22 y 67% del peso seco de las frondes (García Tasende *et al.*, 2012; 2013).

En 2013, la totalidad de la producción de carragenófitos fue recolectada en el marco de los planes de explotación presentados por las empresas. Los recolectores acceden a pie a los intermareales durante la baja mar, y recogen las frondes a mano o realizando cortas con cuchillos o con pequeñas hoces de siega. Una vez recolectadas las algas se dejan escurrir durante algunos días en las rocas o algún lugar próxi-



Aspecto de una comunidad de macroalgas con la laminaria *Undaria pinnatifida* (a) y la fucacea *Himanthalia elongata* (b) que son utilizadas para alimentación humana en Galicia. Fotos: César Peteiro y Óscar Freire.

mo hasta que son trasladadas a un almacén. La propia empresa dispone a lo largo de la costa de representantes que se encargan de realizar

los pedidos y coordinar el traslado de las algas a la planta de producción. El precio medio del liquen, oscila entre 0,30 y 0,75 euros el kilogra-

mo cuando se trata de algas frescas y entre 0,75 y 1,20 € el kilogramo de algas secas.

Aunque esta actividad es la que mueve un mayor volumen de algas explotadas desde hace más de 50 años, este sector extractivo continúa presentado una escasa modernización, precios poco atractivos, baja profesionalización y escasa investigación. Estos son los principales motivos que hacen que la materia prima autóctona sea poco competitiva frente a la importada de otros países con especies que ofrecen un rendimiento cualitativo y cuantitativo en ficocoloides mayor y con mano de obra a menor coste. Tan solo en aquellas épocas en las que los desastres naturales provocan grandes pérdidas en las cosechas locales en esos países o el incremento del precio de los combustibles encarecen el precio del producto importado, los productores nacionales muestran un mayor interés por la explotación de los recursos de especies autóctonas (McHugh, 2003; Bixler y Porse, 2011).

Algas para consumo humano

La demanda de macroalgas comestibles ha experimentado un gran crecimiento durante los últimos años (García Tasende y Rodríguez González, 2003; García Tasende, 2010). En 2013 fueron comercializadas casi 252 toneladas para este sector distribuidas entre 16 grupos taxonómicos (especies o géneros) que se muestran en la Tabla 1. Las especies más demandadas durante 2013 fueron *Laminaria* en un sentido amplio (incluye diferentes especies de *Laminaria*, *Saccharina latissima* y *Saccorhiza polischides*), *Undaria pinnatifida* e *Himanthalia elongata*. Estas macroalgas conocidas comercialmente como *Kombu*, *Wakame* y *Espaguete de mar*, respectivamente, representaron casi el 95% de la producción anual. El resto de la producción correspondió a las siguientes especies: *Ulva* spp., *Palmaria palmata*, *Codium* spp., *Gigartina pistillata*, *Porphyra* en un sentido amplio (incluye diferentes especies de *Porphyra* y *Pyropia*), *Chondrus crispus*, *Mastocarpus stellatus*, *Dilsea carnosus*, *Fucus* spp., *Osmundea pinnatifida*, *Nemalion helminthoides* y *Grateloupia turuturu*. De acuerdo a los datos de ventas en lonja, el precio de algas os-

cila, según la especie, entre 0,5 y 1,2 euros por kilogramo de peso fresco (datos disponibles en <http://www.pescadegalicia.com>). Al contrario de lo que ocurre con los carragenófitos, la mayor parte de las macroalgas procesadas para el consumo humano (63,6%) son recolectadas en el marco de los planes de explotación presentados por las organizaciones de productores, las empresas recolectan el 34,4% restante de la producción. Los precios de venta de las macroalgas comestibles y la forma en que se comercialización (seco o fresco tanto al natural como enlatado) varían en función de la especie. Como ejemplo, el precio por kilogramo de algas secas es de 40–49 euros para *Kombu* (*Laminaria* en un sentido amplio), 61–66 euros para *Wakame* (*U. pinnatifida*) y 33–38 euros el *espaguete de mar* (*H. elongata*). Las Lechuga de mar (*Ulva* spp.) y el Nori (*Porphyra* spp.) son las que tienen actualmente un mayor valor, entre 60 y 90 euros kilogramo de algas secas (datos obtenidos en tiendas con productos procesados por diferentes empresas gallegas).

Las macroalgas comercializadas en Galicia para alimentación humana tienen el etiquetado de producto ecológico (regulado por el *Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007*) por tratarse de vegetales silvestres que crecen en zonas naturales. Esta certificación establece también que la recolección no debe afectar al hábitat natural. Sin embargo, el cumplimiento de este requisito sería muy discutible cuando muchas macroalgas (p.ej. laminarias) son en sí mismas un hábitat (Steneck et al., 2002) y no existe una evaluación real de los stocks ni del impacto y sostenibilidad de la explotación.

Aunque existen grandes diferencias en su biología, la mayoría de las poblaciones alcanzan su máximo desarrollo entre primavera y verano. La actividad recolectora en Galicia se realiza a lo largo de todo el año, pero sobre todo se concentra en los meses de máxima biomasa. Los métodos de recolección son muy variables al tratarse de especies que viven a distintas profundidades con ciclos biológicos y estrategias de reproducción muy diferentes. Las especies que tienen su



máximo desarrollo en la franja intermareal o del litoral y primeros metros del infralitoral o submareal (p. ej. *H. elongata*, *C. crispus*, *Pophyra* en un sentido amplio, *Ulva* spp., *Codium* spp.) pueden ser recolectadas accediendo a pie a estas zonas durante la bajamar. Para recolectar las especies que habitan en zonas más profundas o de difícil acceso (p. ej. *Laminaria* en un sentido amplio y *U. pinnatifida*) es necesario disponer de una embarcación para acceder a las zonas de recolección. En algunos casos la recolección es realizada por buceadores profesionales.

Aunque existen estudios que han evaluado los recursos de algunas de las especies explotadas, sobre todo para las poblaciones intermareales (Xunta de Galicia, 1993a; 1999; Cremades *et al.*, 2004; Xunta de Galicia, 2007; García Tassende *et al.*, 2012; 2013), de otras la información existente es escasa, como es el caso de las laminarias (p. ej. *L. hyperborea*, *L. ochroleuca*, *Saccharina latissima* y *Saccorhiza polyschides*) para las que según estudios recientes se ha pro-

ducido un disminución de su distribución en las costas atlánticas debido, entre otros motivos, a los efectos del calentamiento de las aguas (Fernández, 2011; Díez *et al.*, 2012).

Las exigencias cualitativas son mucho mayores que en el caso de las algas recolectadas con fines industriales, por lo que los recolectores requieren una mayor especialización. Los canales de comercialización también son diferentes ya que las algas suelen ser transportadas en fresco a las empresas para su procesado con el fin de garantizar una mayor calidad del producto. La empresa procesadora generalmente dispone de personal para la recolección, aunque también suele contactar con mariscadores de una localidad a los que les encarga una cantidad de una o varias especies. Los precios de compra son variables según las especies y la demanda existente, aunque en general son superiores a los de las especies recolectadas para la extracción de ficocoloides. La problemática de esta actividad es la misma que la que sufren los recolectores

Aspecto de una comunidad de *Mastocarpus stellatus* explotada en Galicia para la extracción del ficocoloide carragenina. Foto: César Peteiro.

Diferentes macroalgas marinas comercializadas en Galicia para consumo humano.
a) Kombu, especies del género *Laminaria*.
b) Espagueti de mar, *Himanthalia elongata* Fotos: César Peteiro.



de carragenófitos: precios bajos y escaso desarrollo tecnológico.

Las empresas transformadoras también encuentran problemas relacionadas con la comercialización de este producto al no existir un registro sanitario específico, ni un catálogo nacional o autonómico de especies autorizadas. Muchos países, como España, utilizan la regulación específica establecida en Francia sobre el uso de macroalgas marinas para el consumo humano como alimento no tradicional, donde se especifica por ejemplo los límites permitidos de metales pesados (Burtin, 2003).

Otros usos

Existen otros usos minoritarios como es el caso de especies del género *Fucus* o *Ascophyllum nodosum* que son demandas por los sectores de fitoterapia y talasoterapia. Resulta difícil saber las cantidades que se explotan con estos fines al no tener que declarar los recolectores el destino de su cosecha.

En la actualidad no tenemos información sobre la explotación de algas de arribazón al ser su recogida libre. Estas algas pueden ser emplea-

das para la producción de agar (arribazones de *Gelidium* spp en la zona de Mougás y Costa da Morte) o como abono verde o compost (fermentado) para cultivos agrícolas como la patata o el maíz (arribazones de grandes algas pardas como laminarias y/o verdes como *Ulva*).

ORDENACIÓN Y GESTIÓN DE LA EXPLOTACIÓN DE MACROALGAS EN GALICIA

En Galicia, al inicio del período autonómico la recolección de macroalgas marinas estuvo regulada por lo establecido en la Ley de 26/02/1985 de ordenación de la pesca marítima en aguas de la Comunidad Autónoma de Galicia y la Ley 15/1985 de ordenación marisquera y cultivos marinos. En desarrollo de estas normas se publicó la Orden de 30 de marzo de 1987 por la que se regulaba la recogida, circulación y comercialización de algas en Galicia, y las resoluciones u órdenes anuales que establecían las cantidades máximas autorizadas por especie y provincia. La normativa gallega mantenía el modelo de ordenación y gestión de la explotación que había regido en el estado hasta ese momento.

Posteriormente, este modelo fue modificado en 1992 por el *Decreto 59/1992 que regulaba la extracción de las especies marisqueras y la recolección de algas en las aguas de Galicia*, y posteriormente, por la *Ley 6/1993 de pesca de Galicia y el Decreto 423/1993 que refundía la normativa vigente en materia de marisqueo, extracción de algas y cultivos marinos*, los cuales establecían que para poder recolectar algas marinas en las costas de Galicia, era necesario presentar un plan anual de explotación de algas. En el caso de las personas para poder ejercer la actividad en el marco de un plan de explotación precisarían de un permiso de actividad. Las empresas transformadoras o comercializadoras, las cofradías de pescadores, las entidades marisqueras y las asociaciones de productores podrían obtener concesiones en las zonas marítima y marítima-terrestre para recolectar algas.

Al mismo tiempo la administración gallega con el fin de mejorar el conocimiento de estos recursos y mejorar su explotación, promovió la realización de una serie de estudios que tenían como objetivo evaluar las poblaciones de algas explotables y sus potencialidades (Xunta de Galicia 1993; 1999) y experiencias de cultivo con especies de interés para los sectores que demandaban una mayor cantidad de algas (agarófitos, carragenófitas y algas para alimentación humana).

Actualmente, la *Ley 11/2008 de pesca de Galicia*, establece que la recolección de algas y argazos puede ser realizada por personas que pertenezcan a organizaciones de productores de base o por empresas, en las siguientes condiciones:

- En el caso de las organizaciones de productores de base deberán presentar un plan de gestión para la recogida de algas, que será realizada por aquellos miembros de la misma que se acojan al plan y que estén en posesión del título administrativo habilitante.
 - En el caso de las empresas y entidades de carácter económico también deberán presentar un plan de gestión, y la recolección puede ser realizada por el personal contratado o por las personas que constituyen la sociedad.
 - Para la recogida de argazos no es necesario estar en posesión de ningún título administrativo habilitante, aunque en el futuro está previsto regular la forma y condiciones de recolección.
- La elaboración de los planes de gestión está regulado por el *Decreto 423/1993* (en vigor en todos aquellos aspectos que no contradicen la *Ley 11/2008*) que establece que el plan contendrá como mínimo la siguiente información:
- Número de personas y embarcaciones.
 - Días de actividad.
 - Topes por persona y día.
 - Normas de comercialización y vigilancia.
- Además la consejería competente emite una circular en la que se fijan las instrucciones anuales para la presentación de los planes de explotación marisqueros. La instrucción establece en el caso de las algas que se presentará un plan para cada especie objeto de la explotación. La instrucción indica que el plan deberá contener la siguiente información:
- Datos generales del plan.
 - Objetivos generales del plan.
 - Los objetivos de producción y el valor por especie.
 - Días máximos y topes de captura.
 - En aquellos planes en que la recolección deba ser realizada por submarinistas, indicarán el número de embarcaciones que van a participar en el plan, y los tripulantes y submarinistas recolectores que irán enrolados.
 - Evaluación del recurso.
 - Determinación de las zonas de trabajo, con información cartográfica de las mismas.
 - Programación de trabajos a realizar.
 - Plan de extracción y comercialización.
 - Plan financiero.
 - Observaciones generales.
- Los planes de explotación son presentados a finales octubre y una vez evaluados por los servi-

cios técnicos de la administración gallega, son aprobados por la Consejería del Medio Rural y del Mar de la Xunta de Galicia. A finales de cada año se publica en el Diario Oficial de Galicia el Plan General de Explotación Marisquera que constituye el conjunto de normas y orientaciones que regirán, durante el año siguiente, la extracción de los recursos marisqueros y la recolección de las algas. En el mismo figura cada uno de los planes presentados por las organizaciones de productores o las empresas que fueron aprobados.

Una vez aprobado un plan, las entidades que realizan la explotación deben solicitar mensualmente, y con una antelación de quince días, la autorización para realizar la recogida, debiendo indicar las especies para las que solicitan autorización, el número de personas, el calendario previsto de días de actividad y las zonas donde será realizada la actividad. Las algas podrán ser extraídas a pie o desde embarcación (< 10 TRB o 10 GT) con técnica de buceo (*Decreto 15/2011*). En la recolección se podrán emplear hoces y/o cuchillos. La recolección podrá ser realizada de lunes a viernes, siempre en días laborales. El horario de trabajo para la recolección a pie será desde dos horas y media antes la bajamar hasta dos horas y media después de la misma, estando limitado este horario hasta las 18:00 horas, o bien en horario de 8:00 a 14:00 horas, en el caso de la recolección desde embarcación.

La obtención del permiso de explotación de algas estará condicionada a que el titular esté inscrito en un plan de explotación (*Decreto 425/1993*). Cuando la extracción sea realizada con técnicas de buceo, el permiso de explotación quedará condicionado a la posesión de la titulación o a los requisitos específicos de esta modalidad regulada en el *Decreto 64/2008*. La recolección puede ser realizada en apnea o con suministro de aire desde superficie.

La comercialización de las algas marinas será diferente según la explotación sea realizada por las organizaciones de base o por las empresas (*Decreto 419/1993*). En el caso de las empresas la recolección puede ser realizada por los socios

o por el personal que acredite relación contractual con la empresa. Para comercializar su cosecha, las empresas deben estar autorizadas para realizar la primera venta (*Orden de 27 de mayo de 2005*), aunque para ello deben estar inscritas en el Registro Gallego de Empresas Halioalimentarias (*Decreto 419/1993*).

Como queda reflejado en lo anteriormente expuesto, Galicia cuenta con un marco normativo amplio que regula la actividad marisquera con el fin de garantizar su sostenibilidad biológica y económica, que ha sido adaptado para la recolección de macroalgas, que tienen la consideración de recurso específico.

Según el Plan general de explotación marisquera del año 2013, publicado en la *Orden de 28 de diciembre de 2012*, fueron aprobados 25 planes de explotación de algas. De estos, 6 fueron presentados por las empresas procesadoras de algas para la producción de ficocoloides (1) o para el sector de alimentación (5). El ámbito territorial de estos planes será, en general todo el litoral gallego, y el acceso a las poblaciones explotadas por el personal de la empresa solo puede ser realizado a pie. En el portal www.pescadegalicia.com se pueden consultar la información correspondiente a cada uno de los planes presentados.

Los 19 planes restantes fueron presentados por organizaciones de productores, 18 corresponden a solicitudes realizadas por cofradías de pescadores (21) y 1 por una cooperativa de mariscadores. El ámbito territorial de cada uno de estos planes será el correspondiente al de la cofradía solicitante, y solo en aquellos casos en que se solicitan planes conjuntos, el plan tendrá vigor en un ámbito mayor, como sucede en la Ría de Pontevedra (solicitado conjuntamente por 6 cofradías) o con el de las cofradías de Coruña y Sada. En estos planes, el acceso al recurso podía ser realizado a pie durante la bajamar o en la modalidad de buceo cuanto se explotan poblaciones del infralitoral, pero nunca simultáneamente en un mismo plan; algunas cofradías presentaron un plan para cada modalidad. Los recolectores autorizados en el

marco de los planes de explotación de las organizaciones recogen a demanda de las empresas procesadoras, y la venta es declarada en lonja, por lo que esta producción puede ser consultada en el portal www.pescadegalicia.com. En Galicia no es habitual la compra de algas frescas en lonja por parte del sector minorista o por los consumidores, como ocurre en otros países. Pese a que el número de planes presentados por las organizaciones de productores fueron mayoría, en la tabla 1 se puede observar que la producción de algas declarada por las cofradías representó solo el 22% (160 t) del total de algas comercializadas en Galicia durante el año 2013. Además esta cantidad corresponde a ventas realizadas en 5 lonjas de Galicia.

ALGUNAS PROPUESTAS PARA UNA EXPLOTACION SOSTENIBLE

La recolección será realizada de acuerdo con las normas generales que establece la normativa gallega, y las que figuran en el plan de explotación específico para cada zona y especie. Aunque el seguimiento realizado sobre estos planes, fundamentalmente desde el año 2000, por los técnicos de la consejería competente (García Tasende y Rodríguez González, 2003; García Tasende, 2010) ha permitido mejorar las condiciones de la explotación, siguen existiendo algunas deficiencias que deberían ser corregidas en el futuro. Algunas de las medidas que se deberían implementar se detallan a continuación:

1. En primer lugar se debería realizar un estudio socioeconómico de la actividad para conocer la situación actual de este sector, sus necesidades, canales de comercialización y potencialidades.
2. Es preciso evaluar los recursos de cada una de las especies de macroalgas explotadas, así como hacer un seguimiento del estado y evolución de sus poblaciones explotadas, con el fin de determinar el estado de los *stocks* y su biomasa y mejorar el conocimiento de su biología. Estos estudios permitirían, además, determinar los parámetros

biométricos y demográficos de cada una de las especies. También se debería analizar el impacto de la actividad extractiva, con el fin de realizar recomendaciones que garanticen el buen estado de las poblaciones explotadas y la sostenibilidad de la actividad.

3. El seguimiento de los planes de explotación debería ser realizado por personal especializado y basado en criterios científicos. Aunque la administración gallega cuenta con unidades de evaluación y seguimiento de la explotación de los recursos marinos, es con respecto a los planes de explotación de las macroalgas en los que los seguimientos son más deficientes.

Todas estas acciones permitirían mejorar la explotación de estos recursos, con el objetivo de alcanzar sus sostenibilidad. Aunque la explotación de las algas es una actividad ancestral, en Europa diversos autores han demostrado que la ordenación y gestión de esta actividad aún presenta numerosas deficiencias que deben ser corregidas (Thompson, 2012; Frangoudes, 2011; NetAlgae, 2012; APROMAR, 2014).

CULTIVO DE MACROALGAS MARINAS EN GALICIA

La reconversión de una actividad extractiva en acuicultura es una de las medidas empleadas para evitar el deterioro de las poblaciones naturales de recursos marinos vivos y cubrir la demanda de estos recursos. Con estos objetivos la administración gallega ha apostado por fomentar una acuicultura basada en un enfoque ecosistémico, la acuicultura multitrófica integrada (AMTI). Este modelo de acuicultura está basado en la asociación de cultivos de organismos marinos de diferentes niveles tróficos o nutricionales, lo que constituye un sistema de policultivo integrado (Buschmann *et al.*, 2013). En estos sistemas, el uso de cultivos de macroalgas es fundamental para el desarrollo de una acuicultura sostenible al absorber parte de los residuos orgánicos e inorgánicos que produce el cultivo de otros organismos, como

El auge de la demanda de algas con destino a la alimentación humana hace que su cultivo sea una apuesta de futuro que permita garantizar una calidad estándar y obtener una mayor producción de manera más rentable y segura que la explotación de las poblaciones naturales

peces y moluscos. La maricultura de estos vegetales, que no deja de ser una agronomía marina, tendría además otros beneficios ambientales ya que para su crecimiento utilizan dióxido de carbono y nutrientes del medio marino, de modo que contribuyen a reducir el carbono atmosférico y los residuos inorgánicos en el mismo. En Galicia, ya han sido realizadas las primeras experiencias con este tipo sistemas de cultivo (Guerrero y Cremades, 2012).

Sin embargo el cultivo de macroalgas en Galicia no es una actividad reciente. Haremos un breve repaso de los proyectos de cultivo desarrollados hasta ahora. Todos los realizados hasta ahora han sido de carácter experimental, aunque en algunos casos a una escala industrial, y la producción alcanzada no siempre figura en las estadísticas oficiales. En el portal www.pescadeg Galicia.com se podrá obtener información de la producción anual de macroalgas procedentes de cultivo en Galicia.

Las primeras experiencias de cultivo de macroalgas se remontan a finales del siglo XX (años 80 y 90). En esa época la fuerte demanda de carrageninas y agar-agar, motivaron que fueran realizadas diferentes experiencias de cultivo de los carragenófitos *Chondrus crispus*, *Mastocarpus stellatus* y *Gigartina* spp., y el agarófito *Gelidium corneum* (García Tasende, 1993; Xunta de Galicia, 1993b; Seoane Camba, 1997). Estas

experiencias que sentaron las bases del cultivo de macroalgas con fines industriales en Galicia, no tuvieron continuidad por la ausencia de interés por parte de las administraciones en fomentar su desarrollo y la oferta de biomasa procedente de cultivos en el sudeste asiático que ofrecían un producto más competitivo. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, los precios elevados de los combustibles y la pérdida de cosechas por desastres naturales, en ocasiones provocan una mayor demanda de especies autóctonas. Esto convierte a estas especies en candidatas para los cultivos inorgánicos de la acuicultura multitrófica integrada (AMTI), sobre todo en aquellas áreas del medio marino menos aptas para el cultivo de macroalgas para otros fines, como pueden ser la alimentación, que deben ser cultivadas en zonas de calidad del agua óptima. Por otra parte, los conocimientos actuales permitirían cultivar solo alguna de las fases del ciclo vital de estas especies autóctonas que producen mayoritariamente uno de los tipos de carrageninas de mayor interés para las empresas (*kappa*, *iota* o *lambda*), lo que abarataría los costes de extracción y separación de las mismas, con lo que se aumentaría su competitividad frente a productos de otros países.

También de los años 90 son las primeras experiencias de cultivo de *Undaria pinnatifida* (Cremades *et al.*, 1996; Pérez-Cirera *et al.*, 1996), una laminaria de origen japonés de gran interés como alimento en Asia, que fue introducida accidentalmente en las costas europeas, y citada por primera vez en Galicia a finales de los 80 (Santiago-Caamaño *et al.*, 1989). Estos trabajos fueron realizados en colaboración entre investigadores de la Universidad de Santiago de Compostela, Universidad da Coruña y el IEO de Santander, en cuya planta de cultivo de algas se comenzó a producir la semilla de esta especie (pequeñas plántulas sobre hilos) necesaria para el posterior desarrollo de los cultivos en el mar. Los resultados de los diferentes estudios realizados en Galicia con estas especies, motivaron que la administración gallega apostase por su cultivo, lo que dio lugar a que se desarrollaran diferentes proyectos empresariales, todos

ellos de carácter experimental en diferentes rías gallegas (Aldán, Camariñas, Sada). Posteriormente, se ha incorporado la laminaria nativa *Saccharina lattissima*, una especie que presenta una demanda importante para consumo humano. La técnica de cultivo para ambas laminarias ha sido optimizada para uso comercial en Galicia durante los últimos años (Peteiro, 2001; de Toro-Cacharrón, 2001; Peteiro *et al.*, 2006; Cremades *et al.*, 2007; Peteiro y Freire, 2009; 2011a; 2011b; 2012a; 2012b; 2013a, 2013b; 2014b). El auge de la demanda de algas con destino a la alimentación humana hace que su cultivo sea una apuesta de futuro que permita garantizar una calidad estándar y obtener una mayor producción de manera más rentable y segura que la explotación de las poblaciones naturales.

Otra medida con la que se pueden aumentar los recursos disponibles o restaurar aquellos que están degradados, tanto por sobreexplotación como por procesos naturales (p. ej. calentamiento de nuestros mares) son las técnicas de repoblación. La restauración de bosques marinos ha sido experimentada con éxito con especies de laminarias (Kim *et al.*, 2012; Vasquez *et al.*, 2014). Las técnicas que se emplean son básicamente las siembras de pequeñas plántulas producidas en laboratorio o el trasplante de individuos jóvenes o adultos que se fijan al fondo marino. Uno de los cuellos de botella de cualquier actividad de cultivo es la producción de semillas o plántulas. En Galicia no existe, en este momento, ningún centro público o privado que comercialice semilla de macroalgas para cultivo y/o repoblación. En España, el Instituto Español de Oceanografía (IEO) ha desarrollado la tecnología y adquirido la experiencia necesaria para la producción de plántulas de laminarias a gran escala. Además, dispone de un banco de germoplasma o de semillas con especies de laminarias como *Saccharina lattissima* que han sido seleccionadas con diferentes criterios, entre otros, de alto crecimiento y resistencia a altas temperaturas. Este banco tiene actualmente un gran valor ambiental porque esta laminaria, como otras especies, está desapareciendo por el calentamiento de los mares.

La repoblación sería posible ya que la técnica de trasplante de individuos jóvenes de *Saccharina lattissima* se ha llevado a cabo con éxito en las costas atlánticas en ensayos de cultivo en mar (Peteiro *et al.*, 2014b). ❀

BIBLIOGRAFÍA

- APROMAR. 2014. *Evaluación del estado de explotación y propuestas de gestión sostenible y cultivo de macroalgas en Andalucía, Asturias y Galicia*. www.apromar.es/content/documentos-finales-proyecto-algas.
- Bárbara, I., Cremades, J., Calvo, S., López-Rodríguez, M.C., Dosil, J. 2005. Checklist of the benthic marine and brackish Galician algae (NW Spain). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 62(1): 69-100.
- Bixler, H.J., Porse, H. 2011. A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *Journal of Applied Phycology*, 23(3): 321-335.
- Burtin, P. 2003. Nutritional value of seaweeds. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2(4): 498-503.
- Buschmann, A.H., Stead, R.A., Hernández-González, M.C., Pereda, S.V. 2013. Un análisis crítico sobre el uso de macroalgas como base para una acuicultura sustentable. *Revista Chilena de Historia Natural*, 86: 251-264.
- Christie, H., Norderhaug, K.M., Fredriksen, S. 2009. Macrophytes as habitat for fauna. *Marine Ecology Progress Series*, 396: 221-233.
- Cremades, J., Salinas J.M., Granja, A., Bárbara, I., Veiga, A.J., Pérez-Cirera, J.L., Fuertes, C. 1996. Factores que influyen en la viabilidad y crecimiento de *Undaria pinnatifida* en cultivo: fouling, tamaño de plántula y periodos de aclimatación presiembra. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 7: 29-40.
- Cremades, J., Bárbara, I., Veiga, A.J. 2004. Intertidal vegetation and its commercial potential on the shores of Galicia (NW Iberian Peninsula). *Thalassas*, 20 (2): 69-80.
- Cremades, J., Freire, Ó., Baamonde, S., Salinas, J.M., Fuertes, C. 2007. Nuevo método para el cultivo industrial de *Laminaria saccharina* (Laminariales, Phaeophyta) en las costas gallegas. En: Cerviño Eiroa, A., Guerra Díaz, A., Pérez Acosta, C. (eds.). XI Congreso Nacional de Acuicultura. Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos, Xunta de Galicia, Vigo. 559-562 pp.
- de Toro-Cacharrón, X.R. 2001. *Viabilidad del cultivo industrial de Laminaria saccharina (Laminariales, Phaeophyta) en las rías gallegas*. Universidade da Coruña. A Coruña. 63 pp.
- Díez, I., Muguerza, N., Santolaria, A., Ganzedo, U., Gorostia, J.M. 2012. Seaweed assemblage changes in the eastern Cantabrian Sea and their potential relationship to climate change. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 99: 108-120.
- Dosil Mancilla, F.J. 2007. *Los albores de la botánica marina española (1814-1939)*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid.
- Fernández, C. 2011. The retreat of large brown seaweeds on the north coast of Spain: the case of *Saccorhiza polyschides*. *European Journal of Phycology*, 46(4): 352-360.
- Frangoudes, K. 2011. Seaweeds fisheries management in France, Japan, Chile and Norway. *Cahiers de Biologie Marine*, 52(4): 517-525.

- García Tasende, M. 1993. *Cultivo en laboratorio de Chondrus crispus Stackh.* Tesis Doctoral, Facultad de Biología, Universidad de Santiago de Compostela. 200 pp.
- García Tasende, M. 2010. Macroalgas marinas: situación actual y requerimientos legales para su explotación. En: *Las algas en Galicia: factores que condicionan su explotación y oportunidades de valorización*, Proyecto BIOTECMAR (Explotación Biotecnológica de productos y subproductos marinos), Centro Tecnológico del Mar-Fundación CETMAR. Vigo.
- García Tasende, M., Rodríguez González, L.M. 2003. Economic seaweeds of Galicia (NW Spain). *Thalassas*, 19(1): 17-25.
- García Tasende, M., Cid, M., Fraga, M.I. 2012. Spatial and temporal variations of *Chondrus crispus* (Gigartinales, Rhodophyta) carrageenan content in natural populations from Galicia (NW Spain). *Journal of Applied Phycology*, 24(4): 941-951.
- García Tasende, M., Cid, M., Fraga, M.I. 2013. Qualitative and quantitative analysis of carrageenan content in gametophytes of *Mastocarpus stellatus* (Stackhouse) Guiry along Galician coast (NW Spain). *Journal of Applied Phycology*, 25(2): 587-596.
- Guerrero, S., Cremades, J. 2012. *Acuicultura multitrofica integrada: una alternativa sostenible y de futuro para los cultivos marinos en Galicia*. Xunta de Galicia, Vilanova de Arousa, Pontevedra.
- Juanes, J.J., Sosa, P.A. (1998). The seaweed resources of Spain. En: Critchley, A.T., Ohno, M. (eds.). *Seaweed resources of the world*. Japan International Cooperation Agency (JICA), Jokosuka. pp: 164-175.
- Kim, Y.-D., Hong, J.-P., Song, H.-I., Park, M.S., Moon, T.S., Yoo, H.I. 2012. Studies on technology for seaweed forest construction and transplanted *Ecklonia cava* growth for an artificial seaweed reef. *Journal of Environmental Biology*, 33(5): 969-975.
- MacArtain, P., Gill, C.I.R., Brooks, M., Campbell, R., Rowland, I.R. 2007. Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition Reviews*, 65(12): 535-543.
- McHugh, D.J. 2003. *A guide to the seaweed industry*. FAO Fisheries Technical Paper No. 441, Roma.
- NetAlgae. 2012. Seaweed industry in Europe: a guide to better practice. En: *European Seaweed industry – current status and future perspectives*. NetAlgae, Red interregional para la promoción del desarrollo sostenible y rentable de las macroalgas marinas, San Sebastián.
- Pérez-Cirera, J.L., Salinas, J.M., Cremades, J., Bárbara, I., Granja, A., Veiga, A.J., Fuertes, C. 1996. Cultivo de *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) en Galicia. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 7: 3-28.
- Peteiro, C. 2001. *Cultivo experimental con fines industriales de Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) en la Ría de Ares y Betanzos (A Coruña). Universidade da Coruña. A Coruña: 65 pp.
- Peteiro, C., Freire, Ó. 2009. Effect of outplanting time on the commercial cultivation of the kelp *Laminaria saccharina* at the southern limit in the Atlantic coast, N.W. Spain. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 27(1): 54-60.
- Peteiro, C., Freire, Ó. 2011a. Effect of water motion on the cultivation of the commercial seaweed *Undaria pinnatifida* in a coastal bay of Galicia, Northwest Spain. *Aquaculture*, 314(1-4): 269-276.
- Peteiro, C., Freire, Ó. 2011b. Offshore cultivation methods affects blade features of the edible seaweed *Saccharina latissima* in a bay of Galicia, Northwest Spain. *Russian Journal of Marine Biology*, 37(4): 319-323.
- Peteiro, C., Freire, Ó. 2012a. Observations on fish grazing of the cultured kelps *Undaria pinnatifida* and *Saccharina latissima* (Phaeophyceae, Laminariales) in Spanish Atlantic waters. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation, International Journal of the Bioflux Society*, 5(4): 189-196.
- Peteiro, C., Freire, Ó. 2012b. Outplanting time and methodologies related to mariculture of the edible kelp *Undaria pinnatifida* in the Atlantic coast of Spain. *Journal of Applied Phycology*, 24(6): 1361-1372.
- Peteiro, C., Freire, Ó. 2013a. Biomass yield and morphological features of the seaweed *Saccharina latissima* cultivated at two different sites in a coastal bay in the Atlantic coast of Spain. *Journal of Applied Phycology*, 25(1): 205-213.
- Peteiro, C., Freire, Ó. 2013b. Epiphytism on blades of the edible kelps *Undaria pinnatifida* and *Saccharina latissima* farmed under different abiotic conditions. *Journal of the World Aquaculture Society*, 44(5): 706-715.
- Peteiro, C., Freire, Ó. 2014a. Morphological traits of wild and selected strains of cultured *Undaria pinnatifida* from Galicia (NW Spain). *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(4): 469-474.
- Peteiro, C., Sánchez, N., Dueñas-Liaño, C., Martínez, B. 2014b. Open-sea cultivation by transplanting young fronds of the kelp *Saccharina latissima*. *Journal of Applied Phycology*, 26(1): 519-528.
- Peteiro, C., Salinas, J.M., Freire, Ó., Fuertes, C. 2006. Cultivation of the autoctonous seaweed *Laminaria saccharina* off the Galician coast (NW Spain): production and features of the sporophytes for an annual and biennial harvest. *Thalassas*, 22(1): 45-52.
- Santiago-Caamaño, J., Durán-Neira, C. and Acuña-Castroviejo, R. 1989. Aparición de *Undaria pinnatifida* en las costas de Galicia (España). Un nuevo caso en la problemática de introducción de especies foráneas. *Informes Técnicos CIS* 3: 1- 43.
- Seoane-Camba, J.A (1997). *Gelidium sesquipedale* cultivation in Galicia (Spain). *Lagascalia* 19: 179-186.
- Steneck, R.S., Graham, M.H., Bourque, B.J., Corbett, D., Erlandson, J.M., Estes, J.A., Tegner, M.J. 2002. Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environmental Conservation*, 29(4): 436-459.
- Thompson, S.A., Knoll, H., Blanchette, C.A., Nielsen, K.J. 2010. Population consequences of biomass loss due to commercial collection of the wild seaweed *Postelsia palmaeformis*. *Marine Ecology Progress Series*, 413: 17-31.
- Vasquez, X., Gutierrez, A., Buschmann, A.H., Flores, R., Farias, D., Leal, P. 2014. Evaluation of repopulation techniques for the giant kelp *Macrocystis pyrifera* (Laminariales). *Botanica Marina*, 57(2): 123-130.
- Xunta de Galicia. 1993a. *Prospección, análise e cartografía de macroalgas e ourizo de mar no litoral de Galicia*. Consellería de Pesca, Marisqueo e Acuicultura, Xunta de Galicia, Santiago de Compostela.
- Xunta de Galicia. 1993b. *Las algas en Galicia. alimentación y otros usos*. Plan de ordenación de los recursos pesqueros y marisqueros de Galicia. Xunta de Galicia.
- Xunta de Galicia. 1999. *Ordenación integral do espazo marítimo-terrestre de Galicia*. Consellería de Pesca, Marisqueo e Acuicultura, Xunta de Galicia, Santiago de Compostela.
- Xunta de Galicia. 2007. *Final report of project CARRASEA* (Aquareg - Interreg IIIc): *Approach for a sustainable exploitation of Carrageenan seaweed resources in Galicia and Ireland*. Disponible en <http://www.carrasea.org>.